

УДК 656.212.5

В. Г. КОЗЛОВ, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

**ОБЪЕКТНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ**

Обеспечение рациональной организации вагонопотоков в поезда различной категории является одним из важнейших вопросов теории и практики эксплуатационной работы железнодорожного транспорта. После структурной реорганизации железнодорожного транспорта, с расширением участников перевозочного процесса, установлением отношений между оператором инфраструктуры и перевозчиками, необходимо дополнить методику расчета плана формирования грузовых поездов новыми технологическими и организационными решениями. Необходимо оперативно осуществлять анализ и оценку выполнения всеми участниками перевозочного процесса плана формирования поездов (ПФ) и на основании полученных результатов принимать необходимые управленческие решения. Для решения этих задач требуется изменить существующую систему анализа выполнения ПФ, сформировать и формализовать ее объектную структуру. Развитие объектной структуры позволит более точно и детально решать задачи системы организации вагонопотоков.

**А**нализ выполнения планов формирования поездов характеризует соответствие этих планов фактической организации вагонопотоков на технических станциях железной дороги, а также выявляет причины имевших место нарушений планов формирования. В результатах анализа организации вагонопотоков должно устанавливаться влияние плана формирования на выполнение норм оборота вагона, переработки вагонов и их простоя на технических станциях. Выводы анализа выполнения ПФ являются объективным инструментом для оперативных корректировок, а также при разработке нового плана формирования поездов.

Для производства анализа плана формирования система показателей и параметров учитываются объекты их выполнения. Анализ ПФ производится для группы объектов: станции, отделения, дорога, назначения поездов, по пунктам перехода на соседние дороги и районам местной работы. По каждому объекту учитывается категория формируемых (отправляемых) поездов.

Математическое описание железнодорожной транспортной сети с выделением на ней вышеуказанных объектов для решения задач ПФ должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- адекватно отображать топологию объектов железнодорожной инфраструктуры и не иметь внутренних противоречий;
- соответствовать общим принятым приемам и правилам описания транспортной сети;
- идентифицировать на транспортной сети следующие объекты системы организации вагонопотоков: железнодорожная станция, участок и назначение поезда.
- определять размеры транспортной нагрузки по объектам транспортной сети с учетом установленных параметров;
- иметь возможность моделирования и агрегирования транспортной нагрузки по объектам транспортной сети;
- соответствовать правилам формализации железнодорожных транспортных сетей в системе организации вагонопотоков.

Объектные группы (отделение и дорога) определяются множеством входящих в их кластер станций и структурно формализуются:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}, \quad (1)$$

где  $k$  – количество станций в рассматриваемой объектной группе.

Топология железнодорожной сети дороги (отделения) на приведенном выше множестве  $S$  задается матрицей  $T$ :

$$T = \{t_{ij} : i, j = \overline{1, k}\}, \quad (2)$$

где  $t_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– если станции } i \text{ и } j \text{ связаны между собой} \\ & \text{железнодорожным перегонном;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$

В соответствии с приведенными выше определениями объектная группа дороги допускает следующее разбиение:

$$S = S_{c.n} \cup S_{t.c} \cup S_{n.c}, \quad (3)$$

где  $S_{c.n}$  – множество станций, являющихся пунктами перехода на соседние дороги;  $S_{t.c}$  – множество технических станций;  $S_{n.c}$  – множество промежуточных станций.

В анализе выполнения (нарушения) ПФ множество станций  $S$  также разделяют на станции формирования  $p$  и расформирования  $q$  вагонопотока. Станции  $p$  и  $q$  могут входить в любое из подмножеств  $S_{c.n}, S_{t.c}, S_{n.c}$ .

Для формализации маршрута следования вагонопотока по железнодорожной сети формируется подмножество (4), которое задает путь, соединяющий станции  $p$  и  $q$  в рамках объектной группы.

$$\{s_1, \dots, s_i, \dots, s_n\}, s_1 = p; s_n = q; s_i \in S. \quad (4)$$

При организации местных поездов железнодорожная сеть разбивается на районы местной работы (РМР), которые определяются на основе анализа эксплуатационной работы на железной дороге, технологии работы в железнодорожных узлах и участках, и размещением железнодорожных станций  $S_{n.c}$ , открытых для выполнения грузовых операций. В системе организации местных вагонопотоков станции РМР прикрепляются к технической станции  $S_{t.c}$ , входящей в перечень станций плана формирования («опорная станция РМР»). Если в РМР несколько станций плана формирования, то такой район разбивается на подрайоны по зонам тяготения согласно действующей технологии организации местных вагонопотоков. Границами района местной работы выбираются железнодорожные станции, которые тяготеют к опорной станции, а также пункты перехода на соседние дороги.

Станции, входящие в район тяготения технических станций, могут быть представлены в виде множества

$$D = \{d_{ij} : i \in S_{н.с}, j \in S_{с.п.т.с}\}. \quad (5)$$

Пример района тяготения промежуточных станций к техническим на участке Жлобин – Калинковичи приведен в таблице 1, где коды станций указаны в соответствии с единой сетевой разметкой (ЕСР).

Таблица 1 – Район тяготения к техническим станциям на участке Жлобин – Калинковичи

| ЕСР   | Станция                 | Район тяготения |       |     |             |       |     |
|-------|-------------------------|-----------------|-------|-----|-------------|-------|-----|
|       |                         | прибытие        |       |     | отправление |       |     |
|       |                         | станция         | ЕСР   | код | станция     | ЕСР   | код |
| 15500 | Жлобин                  |                 |       |     |             |       |     |
| 15420 | Светлогорск-на-Березине | Жлобин          | 15500 | 1   | Жлобин      | 15500 | 1   |
|       |                         | Калинковичи     | 15380 | 1   | Калинковичи | 15380 | 1   |
| 15410 | Горочичи                | Калинковичи     | 15380 | 0   | Калинковичи | 15380 | 0   |
| 15401 | Юшки                    | Калинковичи     | 15380 | 0   | Калинковичи | 15380 | 0   |
| 15380 | Калинковичи             |                 |       |     |             |       |     |

Данные таблицы 1 определяют, что в системе организации местных поездов на железнодорожном участке Калинковичи – Жлобин станции Горочичи и Юшки жестко закреплены за технической станцией Калинковичи, а станция Светлогорск-на-Березине не имеет жесткой привязки ни к одной из станций участка и станцией тяготения может выступать как техническая станция Калинковичи, так и Жлобин, в зависимости от направления следования зарождающегося вагонного потока.

Рассматриваемый район тяготения можно представить в виде схемы (рисунок 1).

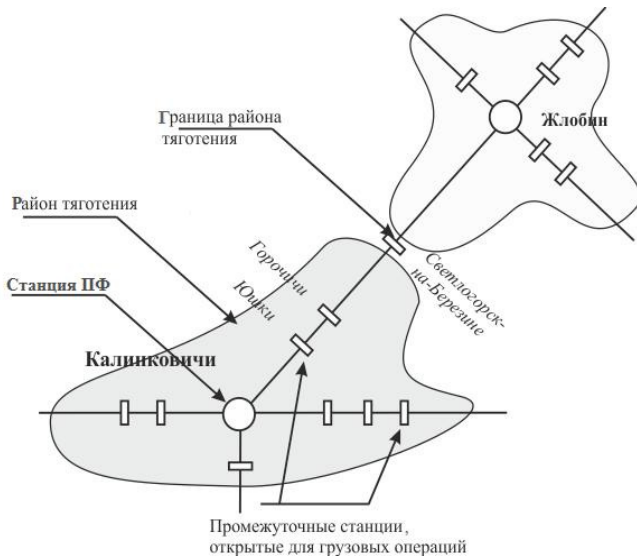


Рисунок 1 – Схема района тяготения технической станции Калинковичи

Вышеприведенные определения математически полностью формализуют понятие «объектная структура транспортной сети» и составляют основу для моделирования процесса перевозок в системе организации вагонного потока. Также данная сетевая модель применяется в качестве информационно-справочной основы для множества других транспортных задач, в том числе для анализа и оценки выполнения плана формирования поездов.

Район тяготения каждой промежуточной станции на участке кодируется (в таблице 1 колонка «код»): 0 – характеризует, что станция  $i$  жестко закреплена за опорной технической станцией  $j$ ; 1 – район тяготения для станции определяется в зависимости от направления следования вагонного потока; 2 – станция относится к району тяготения, в котором опорной является станция, расположенная на железнодорожном участке.

В соответствии с определениями объектной структуры системы анализа ПФ описание процесса перевозки с привязкой к железнодорожной сети в общем виде задается множеством

$$A = \{R, X\}, \quad (6)$$

где  $R$  – множество векторов расстояний между станциями сети

$$R = \{r_p : p = \overline{1, k}\}, \quad (7)$$

где  $r_p$  – вектор кратчайших расстояний от станции  $p$  до всех остальных станций сети;  $X$  – множество корреспонденций вагонных потоков между станциями сети,

$$X = \{p, q, n, c, G, t_p, t_q, i, \overline{1, N}\}, \quad (8)$$

где  $c$  – категория поезда;  $G$  – признак перевозчика;  $n$  – размер корреспонденции;  $t_p$  – дата и время отправления;  $t_q$  – дата и время прибытия.

Для формирования расчетных вагонных потоков на основании множества (8) разработан метод агрегирования вагонных потоков на железнодорожных направлениях. Данный метод состоит из 4 алгоритмов расчета [4] для вагонных потоков:

- зарождающихся на станции  $p$ ;
- погашающихся на станции  $q$ ;
- следующие транзитом по участку  $pq$ ;
- зарождающиеся на станции  $p$  и погашающиеся на станции  $q$ .

На основании разработанных алгоритмов можно определить параметры транспортной нагрузки на объекты инфраструктуры железнодорожной сети, которые используются для расчета ПФ, а также для анализа и оценки выполнения показателей ПФ грузовых поездов.

В системе анализа выполнения ПФ группа показателей также подразделяется по субъектам управления и времени выполнения. Под субъектом управления ПФ понимается организация железнодорожного транспорта, которая уполномочена выполнить услуги, связанные с организацией вагонного потока в грузовые поезда на инфраструктуре железнодорожной администрации. К субъектам управления при анализе и оценке параметров ПФ относятся участники перевозочного процесса (с

необходимым уровнем доступа к инфраструктуре): перевозчики, операторы инфраструктуры, операторы подвижного состава и грузоотправители.

По времени выполнения анализ показателей ПФ осуществляется по заданным периодам, которые зависят от типа решаемой задачи системы организации вагонопотоков и подразделяются: на сутки (оперативный), декаду, месяц, квартал, полугодие и год. Общая структура системы анализа выполнения (нарушения) плана формирования поездов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Структура системы анализа ПФ

| Наименование                 | Описание структуры                 |
|------------------------------|------------------------------------|
| Объектно-инфраструктурная    | <b>Инфраструктура:</b>             |
|                              | станции                            |
|                              | отделения дороги                   |
|                              | Дорога                             |
|                              | межгосударственные стыковые пункты |
|                              | <b>Объекты:</b>                    |
|                              | сквозные поезда                    |
|                              | участковые поезда                  |
|                              | сборные поезда                     |
|                              | вывозные поезда                    |
|                              | передаточные поезда                |
|                              | диспетчерские локомотивы           |
|                              | маневровые локомотивы              |
|                              | технические маршруты               |
|                              | отправительские маршруты           |
|                              | ступенчатые маршруты               |
| маршруты из порожних вагонов |                                    |
| специализированные поезда    |                                    |
| Субъектная                   | перевозчик                         |
|                              | оператор инфраструктуры            |
|                              | оператор подвижного состава        |
|                              | грузоотправитель (грузополучатель) |
|                              |                                    |
| Временная                    | оперативная                        |
|                              | сутки                              |
|                              | месяц                              |
|                              | квартал                            |
|                              | полугодие                          |
|                              | год                                |
|                              | за период (среднее, с накоплением) |

Получено 19.12.2016

**V. G. Kozlov.** Object structure of the analysis of the implementation of the plan of formation.

Ensuring the rational organization of traffic volumes in to train of various categories is one of the most important aspects of the theory and practice of operational work of the railway transport. After the reorganization of rail transport, with the appearance on the Belarusian Railways multiple carriers, additional technological and organizational issues are superimposed on this issue. In such circumstances, you need to carry out the analysis and assessment of the performance of all participants in the transportation process and train formation plan based on the results to take appropriate management decisions. For this purpose, to change the existing formation plan performance analysis system. Establishing and formalization of its object structure will allow to it is necessary solve the problem of organizing the system of traffic volumes.

На основе представленной структуры и математической формализации объектов транспортной инфраструктуры на Белорусской железной дороге разработана общая методика различных форм технико-эксплуатационного анализа выполнения ПФ: сравнительный (к нормативным значениям, прошлому и предшествующему периодам) и факторный. Также разработаны процедуры оперативного анализа и контроля нарушений, устанавливающие влияние отдельных процессов на составообразование и его показатели.

Следующим этапом совершенствования процедуры выполнения анализа ПФ является автоматизация соответствующих расчетов и создание в рамках автоматизированной системы организации вагонопотоков (АС ОВ) подсистемы анализа выполнения показателей ПФ. Создание данной автоматизированной подсистемы позволит интегрировать процесс оптимизации плана формирования на железной дороге за счет создания единой базы данных функционирования объектов железнодорожной сети и единых массивов данных о вагонопотоках на объектах инфраструктуры железной дороги. Интеграция в АСОВ процедур формирования вагонопотоков на основе данных о заявках на перевозку грузов и перемещение порожних вагонов, а также процедур анализа и контроля нарушений выполнения ПФ позволяет значительно повысить достоверность расчетов ПФ и ускорить процедуру оперативной корректировки ПФ при существенных изменениях структуры и направлений перемещения вагонопотока.

**Список литературы**

- 1 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : утв. приказом № 1294 НЗ от 30.12.2013. – Минск : Бел. ж. д., 2013. – 320 с.
- 2 **Петров, А. П.** Составление плана формирования поездов на электронных цифровых машинах / А. П. Петров, К. А. Бернгард ; под ред. А. П. Петрова. – М. : Трансжелдориздат МПС, 1962.
- 3 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 4 **Кузнецов, В. Г.** Расчет объемов транспортного потока по направлениям железнодорожной сети / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов, М. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1. – С. 68–71.
- 5 **Козлов, В. Г.** Использование общего условия оценки выделения назначений при расчетах плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений / В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1. – С. 58–60.